생태계서비스 가치 향상을 위한 사회생태시스템 분석

- 신두리 해안지역 토지이용계획을 중심으로 -

김민*、·유수진*、·이정아**

*고려대학교 대학원 생명과학대학 환경생태공학과 · ** · 고려대학교 생명자원연구소

Ⅰ. 서론

생태계서비스란 생태계의 구성요소와 인간사회의 복잡한 상호작용으로 구성된 사회생태시스템(Social-Ecological System)에 의해 제공되는 다양한 혜택을 말한다(Costanza et al., 2006). 사회생태시스템을 기반으로 생태계서비스를 결정하는 생태계의 구조와 기능을 분석할 수 있으며(Holling, 2001), 이를 통해 토지이용에 따른 생태계서비스 가치를 정량적으로 평가할 수 있다. 따라서 사회생태시스템에서 도출된 의사결정은 토지이용과 생태계서비스 가치 변화에 영향을 줄 수 있으므로, 토지이용계획시 생태계서비스 가치 평가는 중요한 의사결정 잣대로 활용될 수 있다(Walker et al. 2002). 특히 해안지역에서는 규사채취 및 관광개발 정책이 활발히 진행되어 해안생태계 면적이 감소하고 있으며, 이러한 토지이용 변화는 생태계서비스 가치를 감소시킨다. 따라서 해안지역의 토지이용변화에 따른 생태계서비스 가치 향상을 위해 사회생태시스템 분석이 필요하다.

본 연구의 목적은 해안지역의 토지이용계획을 중심으로 생태계서비스 가치 향상을 위한 사회생태시스템을 분석하는 것이다. 연구의 결과를 통해 생태계서비스 가치 향상을 위한 정책변수를 도출할 수 있으며, 이는 토지이용계획 의사결정의 기초자료로서 활용 가능할 것이다.

Ⅱ. 연구방법

본 연구의 대상지는 생태경관보전지역 및 천연기념물로 지정된 신두리 해안사구를 포함한 충청남도 태안군 신두리 지역으로 선정하였다. 본 연구는 CLUE model의 단계에 따라 신두리 해안지역의 사회생태시스템을 작성하여 분석하였으며(Verburg et al., 2002), 총 3단계에 걸쳐서 진행되었다. 첫째, Driving force sub-system 구축 단계에서는 Vensim PLE 6.3(www.vensim.com)을 이용하여 토지이용변화 요인을 5가지 사회생태시스템(인구사회 부문, 경제 및 기술 부문, 지역문화 부문, 자연 부문, 기관 및 정책 부문)으로 분류하였다(Lambin et al., 2001). 둘째, Land use sub-system 구축 단계에서는 ArcMap 10.2.2(ESRI, 2014)를 이용하여 토지피복도를 레스터화(30x30m)하였으며, 각 셀(cell)의 토지이용변화를 관찰하여 토지이용 인과순환 분석을 실시하였다. 마지막으로 2개의 sub-system을 통합하고자, 신두리 해안지역을 사회생태시스템을 구축하고, 생태계서비스 가치 향상을 위한 토지이용계획의 정책 변수를 도출하고자 하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. Driving force sub-system 구축

인구사회 부문의 인과지도는 Alfeld와 Graham(1976)가 제안한 기본 도시모형을 기반으로 작성되었으며, 신두리 지역의 인구수가 전입, 노동력, 그리고 직장에 의해 조절되는 균형루프(B1, B2)를 포함한다. 또한 경제 및 기술 부문은 Luo 등(2010)이 제안한 사회경제요소에 따른 토지이용 변화 모델을 바탕으로 작성되었으며, 산업별 수요와 가격의 피드백 구조로 구성되어 있어 신두리 지역의 경제를 조절할 수 있는 균형루프(B3, B4)가 도출되었다. 마지막으로 지역 문화 부문, 기관 정책 부문, 그리고 자연환경 부문의 경우 신두리의 자연자원을 둘러싼 갈등을 중심으로 도출된 변수의 인과순환구조를 분석하였다. 그 결과 세 부문은 서로 긴밀하게 연결되어 있었으며, 각 부문의 변수들이 모여 하나의 강화루프(R1)를 형성하였다. R1루프에서는 자연자원에 대한 보전 노력이 증대됨에 따라 생태계서비스 가치가 상승하였다.

2. Land use sub-system 구축

표 1. 토지 이용 변화 매트릭스(0:변환 가능, -:변환불가능)

토지이용		미래 토지 이용									
		개발지역, 주거지역	관광지역	논	밭	기타 개배지	산림	초지	해안 산림	해안 초지	해안 사구
현재 토지 이용	개발지역, 주거지역	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	관광지역	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	논	○	○	-	○	○	○	○	-	-	○
	밭	○	○	○	-	○	○	○	-	-	○
	기타 개배지	○	-	-	○	-	○	○	-	-	○
	산림	○	○	○	○	-	-	○	-	-	○
	초지	○	○	○	○	-	○	-	-	-	○
	해안산림	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○
	해안초지	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-
	해안사구	○	○	-	○	-	○	○	○	○	-

2002년, 2007년, 2013년의 토지이용변화 양상을 단계별로 분석

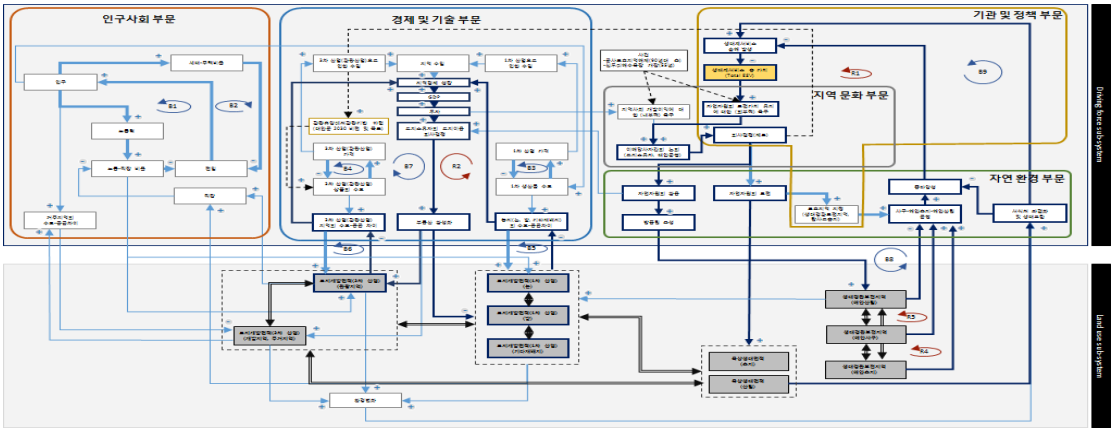

그림 1. 신두리 토지이용변화에 따른 생태계서비스 통합인과지도

한 결과, 관광지역이 다른 토지이용으로 변환하는 사례는 발견되지 않았으나, 반대의 토지이용 변환은 쉽게 이루어졌음을 확인할 수 있었다. 이를 통해 신두리 지역이 최근에서야 관광지 개발이 본격적으로 시작되어 해안사구 면적 감소가 일어난 것으로 판단된다. 또한 해안산림과 해안초지의 경우, 토지 이용 변동이 주로 해안생태계 내에서 진행되었으나, 해안사구의 경우 다른 토지 이용으로 변동되었다. 이와 같은 양상은 인간의 개발로 인해 해안사구가 개발지역으로 변환되었기 때문이라고 사료된다. 이를 토대로 과거부터 현재까지의 토지 이용변화에 따라 향후 토지이용 변화 가능성을 매트릭스로 작성하면 표 1과 같다.

3. 통합인과지도 분석

Driving force sub-system과 Land use sub-system이 통합된 사회생태시스템을 구축하였으며(그림 1), 이 과정에서 두 sub-system을 연결하는 새로운 피드백 구조를 중심으로 정책변수를 도출하였다. 균형루프 B7는 B4루프에 의해 신두리 지역경제가 성장하게 되었다. 이는 신두리 지역의 부동산 시장 활성화를 유도하였으며, 개발지역 면적 증가와 농지 면적 감소를 야기하였다. R2루프에 의해 토지이용 변화가 증폭되면서 신두리의 지역 경제 기반인 1차 산업이 무너질 가능성이 높다. 또한 이러한 1차 산업 붕괴는 부정적인 환경변화를 야기하여 생태계서비스 손해가 발생할 수 있다. 그 결과 통합된 사회생태시스템에서 발생한 문제점을 해결하고, 생태계서비스 가치를 향상시키기 위해 '1차 생산물 수요', '3차 산업(관광산업) 상품의 수요', '사구-해안초기-해안산림 균형', 그리고 '생물종다양성'이 정책변수로 도출되었다.

Ⅳ. 결론

본 연구는 신두리의 생태계서비스 가치 향상을 위한 정책 변수를 도출하기 위해 토지이용계획을 중심으로 사회생태시스템을 분석하였다. 이는 향후 생태계서비스의 정량적 평가를 기반으로 사회생태시스템의 동태성 모델을 발전시킬 수 있는 가능성을 시사한다.

감사의 글

본 연구는 2015년도 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업입니다(NRF-2013R1A1A2058315). 또한 본 연구는 2015년 환경부 환경정책기반공공기술개발사업(과제번호: 416-111-010)으로부터 지원받아 수행하였습니다. 이에 감사의 글을 전합니다.

참고문헌

1. Alfeld, L. E. and A. K. Graham(1976). Introduction to urban dynamics. Wright-Allen Press.
2. Costanza, R., M. A. Wilson, A. Troy, A. Voinov, S. Liu, and J. D'Agostino(2006) The value of New Jersey's ecosystem services and natural capital. Environmental Management 46: 1271-1285.
3. Holling, C. S.(2001) Understanding the complexity of economic, ecological, and social systems. Ecosystems 4(5): 390-405.
4. Lambin, E. F., L. Turner, G. Helmut, B. Samuel, A. Agbola, W. B. John, T. C. Oliver(2001) The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. Global environmental change 11(4): 261-269.
5. Luo, G., C. Yin, X. Chen,W. Xu, and L. Lu(2010). Combining system dynamic model and CLUE-S model to improve land use scenario analyses at regional scale: A case study of Sangong watershed in Xinjiang, China.Ecological Complexity 7(2): 198-207.
6. Verburg, P. H., W. Soepboer, A. Veldkamp, R. Limpiada, V. Espaldon, and S. S. Mastura(2002) Modeling the spatial dynamics of regional land use: the CLUE-S model. Environmental management 30(3): 391-405.
7. Walker, B., S. Carpenter, J. Anderies, N.Abel1b, G. Cumming, M. Janssen, L. Lebel, J. Garry, and R. Pritchard(2002) Resilience management in social-ecological systems: a working hypothesis for a participatory approach.Conservation ecology 6(1): 14.